

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО**

УДК 631.8:633.14«324»(476.1)

**А.Р. ЦЫГАНОВ, А.С. МАСТЕРОВ, Л.-П. ШТОТЦ****ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ  
НА ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ СМОЛЕВИЧСКОГО РАЙОНА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

(Поступила в редакцию 11.01.10)

С учетом урожайности, качественных и экономических показателей лучшими вариантами удобрения при возделывании озимой ржи в условиях Смолевичского района Минской области Республики Беларусь на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве являются: некорневая подкормка в дозе 2,5 л/га препаратом «Миком» (на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$  с возобновлением вегетации) и азотная подкормка в два приема –  $N_{20}$  с возобновлением вегетации +  $N_{20}$  КАС в фазе выхода в трубку (на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{90}$ ).

According to the economic indicators of productivity and quality, the best variants of fertilization for cultivation of winter rye in the conditions of Smolevichi district of Minsk region of the Republic of Belarus, on sward-podzolic light-loamy soil, are: non-root additional feeding in the dose of 2.5 l/ha of the preparation 'Mikom' (on the background of mineral fertilizers in the dose of  $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$  during continued vegetation) and nitrogen feeding in two parts –  $N_{20}$  during continued vegetation +  $N_{20}$  CAS in the phase of stalking (on the background of mineral fertilizers in the dose of  $N_{30}P_{60}K_{90}$ ).

**Введение**

Существенно повысить урожайность и качество урожая сельскохозяйственных культур можно за счет оптимизации минерального питания, способов внесения удобрений, совместного их применения с микроэлементами.

**Анализ источников**

Решающий вклад в разработку проблемы микроэлементов был внесен русскими и особенно советскими учеными. В 1872 г. К.А. Тимирязевым была выявлена роль цинка в устранении хлороза растений. В Беларуси еще в 40-е годы начало изучению значения микроэлементов в сельском хозяйстве положили Г.И. Лашкевич, О.К. Кедров-Зихман [11]. Изучение микроэлементов в последние десятилетия приняло всемирный размах [7].

Содержание микроэлементов в растениях составляет тысячные доли процента, однако значение их в питании растений велико. Недостаток или избыток в почве микроэлементов вызывает у растений значительные отклонения в росте и развитии, стимулируя их или угнетая, потому что все процессы в живом организме происходят при содействии биологически активных веществ – ферментов, витаминов, гормонов, составной частью которых являются микроэлементы [10, 11, 15].

Деятельность ферментов в растениях активизируется химическими элементами корневого питания, большинство из которых является микроэлементами [17]. Микроэлементы участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, белковом обмене, регулируют водный режим растений [6, 12, 16]. Многие исследователи сообщают о важном свойстве микроэлементов образовывать комплексы с нуклеиновыми кислотами, оказывать действие на физиологические функции рибосом, влиять на проницаемость клеточных мембран и регулировать поступление минеральных веществ в растение [18]. Установлено также, что микроэлементы улучшают энергетическую сторону передвижения веществ и создают комплексные соединения с большим количеством органических соединений [2, 3, 9].

Существенное влияние микроэлементов на физиологические процессы, повышение фотосинтеза отмечено в работах К.В. Веригиной [3], П.А. Власюка [3], Л.К. Островской [13], Г.Н. Попова и Б.В. Егорова [14] и других авторов.

Исследования многих ученых доказали влияние микроэлементов на повышение засухо- жаро- и холодоустойчивости растений [5]. Возрастает устойчивость растений к полеганию, болезням и вредителям [8]. Микроэлементы способны ускорять появление всходов, развитие растений, увеличивать количество цветков, ускорять цветение, образование и созревание плодов [1].

В Беларуси более 60% пашни слабо обеспечены доступной медью, более 70% – цинком и 90% – молибденом [4]. Поэтому в интенсивных технологиях эти элементы имеют особо важное значение в минеральном питании растений из-за дефицита их в почве.

**Методы исследования**

Целью исследований было установление оптимальных доз внесения макро- и микроудобрений, обеспечивающих получение высоких урожаев хорошего качества зерна озимой ржи в условиях центральной части Республики Беларусь.

Опыты проводились на опытном поле ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис» на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве. Предшественником озимой ржи была горохо-овсяная смесь. Опытная площадь деланки при выращивании ржи гибрида F<sub>1</sub> «Аскари» составляла 54 м<sup>2</sup>, учетная – 36 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

В опытах применяли азотные удобрения в форме карбамида (46% N) и КАС (30% N), фосфорные – двойного суперфосфата (46%  $P_2O_5$ ), калийные – хлористого калия (60%  $K_2O$ ).

Из микроудобрений в опытах применяли сернокислый цинк (22% Zn), сернокислую медь (25,4% Cu) и комплексный препарат «Миком», содержащий микроэлементы в хелатной форме (Zn – 3,22%, Cu – 1,58%, Mo – 0,1%, B – 0,28%).

КАС, микроудобрения и «Миком» вносились опрыскивателем в фазе выхода в трубку. Сернокислая медь вносилась в дозе 150 г/га, сернокислый цинк – 150 г/га, «Миком» – 2,5 л/га, КАС в дозе  $N_{20}$  (в вечернее время с целью избежать химических ожогов листьев).

#### Основная часть

Величина урожайности озимой ржи по годам исследований (2006–2008 гг.) определялась погодными условиями, дозами минеральных удобрений, прежде всего азотных, способами их применения и микроудобрениями.

Посев озимой ржи в 2005 г. был проведен в оптимальные агротехнические сроки. Растения ушли в зимовку хорошо раскустившись, полнота всходов составила 90–94%. В зимний период во второй половине января ночные температуры опускались до  $-30$ – $-32^{\circ}C$  при минимальном снежном покрове. Несмотря на это, с возобновлением вегетации процент поражения снежной плесенью составил от 0 до 20, гибели практически не наблюдалось. Во время вегетации 2006 г. явных неблагоприятных условий не наблюдалось. Процент череззерницы также незначителен и колебался в пределах 3–5%.

В 2006 г. осенняя дождливая погода сдерживала проведение всех полевых работ. Возможность проведения сева появилась только во 2-й декаде сентября. В зимовку растения ушли с коэффициентом кущения 2,5–3. Перезимовка проходила благоприятно, снежный покров обеспечивал безопасность посевов даже в период самых сильных морозов. Возобновление вегетации было отмечено 18 марта 2007 г. Гибель растений озимой ржи незначительна и в среднем составила 2–5%. В период колошения культуры сильные ливневые дожди повредили стеблестой, полегание составило в среднем 5–6,5 балла. В июне из-за жаркой погоды у озимой ржи произошло преждевременное созревание зерна, сроки уборки сократились на две недели раньше обычных.

В осенний период 2007 г. достаточное увлажнение и оптимальный температурный режим способствовали хорошему развитию культуры. Переход осени к зиме был постепенный, растения прошли закалку и хорошо развились, коэффициент кущения составил 3,5–4,0. После выхода с зимовки гибель растений была незначительной (в среднем 5%). За весенне-летний период агроклиматические условия были в норме.

Наиболее высокая урожайность озимой ржи получена в 2006 и 2008 гг. В 2007 г. в результате ливневых дождей и полегания культуры наблюдался значительный недобор урожая зерна.

Озимая рожь, обладая более высокой, чем у других зерновых культур, усваивающей способностью корневой системы, без внесения удобрений, как правило, дает урожай выше, чем пшеница и ячмень, но и она отзывается высокими прибавками сбора зерна на улучшение условий питания.

Внесение под озимую рожь до посева минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{90}$  и азотная подкормка с возобновлением вегетации ( $N_{50}$ ) обеспечили в среднем за 2006–2008 гг. прибавку в сборе зерна 22,6 ц/га (табл. 1). Наиболее высокой (26,6 ц/га) она была в 2008 г.

Таблица 1. Урожайность озимой ржи в зависимости от применения макро- и микроудобрений.

Варианты опыта	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка к контролю
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее	
1. Без удобрений (контроль)	64,0	49,3	57,9	57,1	–
2. $N_{30}P_{60}K_{90}$	78,9	64,1	75,6	72,9	+15,8
3. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$	85,2	70,2	83,7	79,7	+22,6
4. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{30} + N_{20} \text{ КАС}$	89,7	73,3	87,7	83,6	+26,5
5. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50} + (Zn+Cu)$	88,4	72,3	83,8	81,5	+24,4
6. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50} + \text{«Миком»}$	92,8	75,0	92,3	86,7	+29,6
7. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{60}$	78,0	66,9	90,0	78,3	+21,2
НСР <sub>05</sub>	1,7	1,2	1,4		

Азотная подкормка с возобновлением вегетации  $N_{50}$  увеличила в среднем за 2006–2008 гг. урожайность еще на 6,8 ц/га. Особенно эффективна она была в 2008 г. (8,1 ц/га).

Перенос части азотной подкормки во второе внесение ( $N_{30} + N_{20}$ ) в виде КАС по сравнению с третьим вариантом увеличил прибавку урожая зерна озимой ржи в 2006 г. на 4,5 ц/га, в 2007 г. – на 3,1, в 2008 г. – на 4,0 ц/га. В среднем за два года прибавка за счет дробного внесения азота составила 3,9 ц/га. Внесение цинка и меди под озимую рожь обеспечило в 2006 г. дополнительный сбор зерна 3,2 ц/га, в 2007 г. – 2,1 ц/га, а в среднем за 3 года – на 1,8 ц/га. В 2008 г. цинк и медь не повлияли на урожайность. Использование комплексного препарата «Миком» в среднем за три года повысило урожайность зерна на 3,1 ц/га. Положительное действие препарата проявилось во все годы на уровне 4,8–8,6 ц/га и при его внесении в опыте получена в среднем за этот период самая высокая урожайность зерна в 86,7 ц/га. Увеличение азотных удобрений в основное внесение и подкормку с началом вегетации до  $N_{60}$  не привело к увеличению урожая зерна озимой ржи, что, по-видимому, связано с большим накоплением зеленой массы растениями. Сбор зерна был даже ниже в среднем за три года на 1,4 ц/га, чем в варианте с внесением  $N_{30}$  в основное внесение +  $N_{50}$  в подкормку весной.

В исследованиях с озимой рожью определялись такие важные показатели качества зерна, как масса 1000 зерен, содержание сырого белка, выход сырого белка с гектара, содержание крахмала (табл. 2).

Таблица 2. Качество урожая озимой ржи в зависимости от применения макро- и микроудобрений (среднее за 2006–2008 гг.).

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га	Крахмал, %
1. Без удобрений (контроль)	48,1	10,0	4,9	58,7
2. $N_{30}P_{60}K_{90}$	49,6	10,2	6,4	59,3
3. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$	49,9	11,4	7,8	60,1
4. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{30} + N_{20}$ КАС	49,4	11,5	8,3	61,0
5. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50} + (Zn+Cu)$	50,2	11,9	8,3	61,2
6. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50} + \text{«Миком»}$	49,0	12,0	8,9	63,0
7. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{60}$	49,3	11,7	7,9	61,3

Масса 1000 зерен в варианте без внесения удобрений в среднем за три года была на уровне 48,1 г. Средние показатели за три года по вариантам с внесением макро- и микроудобрений различались незначительно – от 49,0 г при внесении повышенных доз азотных удобрений в 7 варианте, до 50,2 в варианте с некорневой подкормкой цинком и медью.

По содержанию в зерне белка рожь уступает всем зерновым культурам, за исключением риса. Поэтому так важно определить возможность его повышения применением удобрений. Внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{90}$  не способствовало повышению в зерне содержания сырого белка. Подкормки азотными удобрениями и микроэлементами повышали содержание сырого белка в среднем за 2006–2008 гг. на 1,2–1,8%. Увеличение выхода сырого белка в большей степени связано с увеличением урожайности по вариантам опыта. Самый высокий выход наблюдался в варианте с применением препарата «Миком» (8,9 ц/га), что на 1,1 ц/га выше, чем в варианте с внесением удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$ .

Азотные подкормки с возобновлением вегетации и некорневые подкормки микроэлементами в начале выхода в трубку повышали содержание крахмала в зерне от 0,7 до 3,7%. Наивысшее содержание в зерне крахмала отмечалось в среднем за три года в варианте опыта с некорневой подкормкой препаратом «Миком».

Одним из основных критериев оптимальности системы удобрения сельскохозяйственных культур является экономическая эффективность их применения, позволяющая определить, окупает ли полученная прибавка урожая затраты на применение удобрений, уборку и доработку дополнительной продукции в стоимостном эквиваленте, т.е. чистый доход и рентабельность.

Расчет экономической эффективности показал, что все варианты с применением удобрений и микроэлементов имели высокую рентабельность (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность применения некорневых подкормок КАС, микроудобрений и регуляторов при возделывании озимой ржи\*.

Варианты опыта	Прибавка к контролю, ц/га	Стоимость прибавки урожая, \$/га	Всего затрат, \$/га	Чистый доход, \$/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. $N_{30}P_{60}K_{90}$	+15,8	184,24	86,84	97,39	212,1
3. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$	+22,6	263,53	111,31	152,22	236,8
4. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{30} + N_{20}$ КАС	+26,5	309,01	112,59	196,42	274,5
5. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50} + (Zn+Cu)$	+24,4	284,52	118,87	165,65	239,3
6. $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50} + \text{«Миком»}$	+29,6	345,15	119,49	225,66	288,9
7. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{60}$	+21,2	247,21	112,22	134,99	220,3

\* – в ценах 2008 г.

Наибольший чистый доход в 225 \$/га получен в варианте с применением комплексного препарата «Миком» на фоне минеральных удобрений  $N_{30}P_{60}K_{90} + N_{50}$ . Этот вариант применения удобрений показал и наивысшую рентабельность по опыту (288%). Внесение азотной подкормки в два приема повышало рентабельность на 37,7%.

### Заключение

Таким образом, в условиях дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы центральной части Республики Беларусь некорневые подкормки КАС и микроэлементами в среднем за 2006–2008 гг. обеспечивали стабильную прибавку урожая озимой ржи гибрида  $F_1$  «Аскари» (3,9–7,0 ц/га). Совместное применение цинка и меди и комплексного микроудобрения «Миком» положительно влияло на качество зерна, увеличивая выход сырого белка на 0,5–1,1 ц/га. Наиболее экономически выгодным был вариант с некорневым внесением комплексного микроудобрения «Миком».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок; 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1990. 271 с.
2. Бабенко, Г.А. Злокачественный рост. Металлы и хелатирующие агенты / Г.А. Бабенко // Биологические роль микроэлементов / Г.А. Бабенко. М., 1983. С. 170–182.
3. Веригина, К.В. Роль микроэлементов в жизни растений и их содержание в почвах и породах / К.В. Веригина // Микроэлементы в почвах СССР / К.В. Веригина. М., 1964. С. 5–26.
4. Вильдфлуш, И.Р. Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, А.Р. Цыганов [и др.]. Минск: Ураджай, 2000. С. 319.
5. Володько, О.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / О.К. Володько. Минск: Наука и техника, 1983. 192 с.
6. Гилис, М.Б. Влияние микроэлементов на рост, развитие и некоторые биохимические особенности кукурузы и сахарной свеклы в условиях лесостепной Украины / М.Б. Гилис, Н.П. Радченко // Микроэлементы в сел. хоз. и медицине. Киев, 1967. Вып. 3. С. 23–24.
7. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. М.: Мир, 1989. С. 439.
8. Кальницкий, Б.Ф. Применение микроэлементов: справочник по кормовым добавкам / Б.Ф. Кальницкий [и др.]. Минск: Ураджай, 1990. С. 162–179.



9. Ковальский, В.В. Биогеохимические провинции и проблемы геохимической экологии организмов / В.В. Ковальский. М., 1986. Т. 14. С. 14–19.
10. Ковальский, В.В. Медная недостаточность у злаков на торфяных почвах / В.В. Ковальский, М.М. Максимова // *Агрохимия*. 1964. №4. С. 43–45.
11. Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений / Минск: Изд. БГУ, 1970. 196 с.
12. Минченкова, М.Д. Сравнительное содержание меди в растениях ячменя на торфяных почвах / М.Д. Минченкова // *Физиолого-биохимическое исследование растений* / М.Д. Минченкова. Минск, 1970. С. 132–135.
13. Островская, Л.К. Биологически активные комплексоны металлов для борьбы с хлорозом растений / Л.К. Островская // *Журнал Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева*. 1984. Вып. 29. №3. С. 81–87.
14. Попов, Г.Н., Егоров Б.В. Микроудобрения на орошаемых землях / Г.Н. Попов, Б.В. Егоров. М.: Россельхозиздат. 1987. 48 с.
15. Цыганов, А.Р. Микроэлементы и микроудобрения / А.Р. Цыганов, Т.Ф. Персикова, С.Ф. Реуцкая. Минск, 1998. С. 118.
16. Ягодин, Б.А. Проблема микроудобрений в земледелии СССР / Б.А. Ягодин // *Агрохимия*. 1981. №10. С. 66–71.
17. Olsen, S.R. Micronutrient interaction / S.R. Olsen // *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Of America. Madison, Wis. 1972. P. 243.
18. Wilson, B.J. Ammonium sulfate endorsement of picloram absorption by detached leaves / B.J. Wilson, R.K. Nishimoto // *Weed Sci*. 1975. Vol. 23. P. 297–301.

УДК 631.81.095.337: 635.655: 631.445.2

**В.Н. БОСАК, В.В. СКОРИНА, Т.В. КОЛОСКОВА**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

(Поступила в редакцию 08.02.10)

*В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение полного минерального удобрения увеличило урожайность зерна сои на 13,0–17,8 ц/га при общей урожайности зерна в удобренных вариантах 25,4–30,2 ц/га и высоких показателях экономической эффективности применения удобрений. Некорневая обработка посевов сои микроэлементами и комплексным удобрением обеспечила дополнительный сбор зерна 1,4–3,5 ц/га. Содержание сырого белка в зерне сои в вариантах с внесением удобрений составило 28,6–33,1%, углеводов – 48,2–49,9%, жира – 17,0–18,2%.*

*Research showed that application of full mineral fertilization system on sward-podzolic sandy-loam soil increased soy bean productivity by 1.30–1.78 t/ha, with general productivity in variants with fertilization of 2.54–3.02 t/ha and high indicators of economic efficiency of fertilizers application. Non-root treatment of soy crops with microelements and complex fertilizer ensured additional output of bean of 0.14–0.35 t/ha. The content of raw protein in soy beans in variants with fertilizers application amounted to 28.6–33.1%, carbohydrates – 48.2–49.9%, fat – 17.0–18.2%.*

#### **Введение и анализ источников**

Необходимым элементом системы удобрения в современном земледелии является использование микроэлементов. Микроэлементы принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, образовании хлорофилла, входят в состав многих ферментов и витаминов, влияют на проницаемость клеточных мембран и поступление элементов питания в растения. Недостаток, как и избыток, микроэлементов снижает урожайность и качество сельскохозяйственных культур, может вызывать заболевание человека и домашних животных [7, 9].

Зернобобовые культуры очень чувствительны к недостатку микроэлементов и хорошо отзываются на внесение микроудобрений, прежде всего молибденовых, борных и марганцевых [1–2, 7, 10–12].

Молибден в растениях участвует в таких биохимических процессах, как восстановление нитратов, нитритов и гидроксиламинов до аммиака; биосинтез аминокислот и белков; фиксация молекулярного азота клубеньковыми бактериями и свободноживущими почвенными микроорганизмами.

Марганец участвует в фотосинтезе и синтезе белков и жиров. Установлено также, что марганец повышает вязкость протоплазмы, величину критической температуры коагуляции белков, усиливает синтез углеводов, что положительно влияет на стрессоустойчивость растений. Применение марганцевых микроудобрений повышает иммунитет к грибковым заболеваниям у растений (мучнистая роса, гелиминтоспориозы, ржавчина и др.).

Бор ускоряет передвижение фосфора из стеблей в листья, повышает устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям и болезням.

Соя для Республики Беларусь является новой культурой, площади возделывания которой в последнее время начинают увеличиваться [5, 8]. В 2008 г. сою в Республике Беларусь возделывали на площади 4200 га при средней урожайности 12,8 ц/га.

Возможность выращивания сои в условиях умеренного климата появилась с выведением скороспелых сортов. Для полного завершения периода вегетации сои требуется сумма активных температур выше 10°C в пределах 2200–2500°C. В условиях Белорусского Полесья сумма активных температур за вегетационный период составляет 2400–2500°C с продолжительностью 150 дней и количеством осадков 350 мм, что делает данный регион наиболее перспективным для возделывания культуры [1, 2, 5, 8].

В настоящее время в Республике Беларусь в Государственный реестр включено 11 сортов сои, в т.ч. 8 сортов белорусской селекции.

**Цель исследований** – изучить влияние различных видов микроэлементов на урожайность и качество сои на дерново-подзолистой супесчаной почве.

#### **Методы исследования**

Исследования по изучению влияния минеральных макро- и микроудобрений на продуктивность сои сорта Припять проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в Пинском районе Брестской области на протяжении 2008–2009 гг.